PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

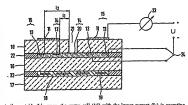


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ :	1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/1549		
G01N 27/419		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. Juni 1995 (08.		
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE	94/013	88 (81) Bestimmungsstaaten: CN, GB, JP, KR, US.		
(22) Internationales Anmeldedatum: 24. Novem	iber 19 24,11.9			
(30) Prioritätsdaten: P 43 41 278.5 3, December 1993 (03.12.93	B) I	ЭС		
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, Stuttgart (DE).	ROBEI D-704	2T 442		
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US); FRIESE, Karl (DE/DE]; Strohgaeustrasse 13, D-71229 Leonbr GRUENWALD, Werner [DE/DE]; Roemerweg 8, Gerlingen (DE).	erg (Di	E).		

- (54) Title: LIMITING-CURRENT SENSOR FOR THE DETERMINATION OF THE LAMBDA-VALUE OF A GAS MIXTURE
- (54) Bezeichnung: GRENZSTROMSENSOR ZUR BESTIMMUNG DES LAMBDAWERTES IN GASGEMISCHEN
- (57) Abstract

Proposed is a limiting-current sensor for determining the immba-value of gas mixtures, in particular the exhaust gases from laternal-combustion engines. The sensor has, mounted on an oxygen-don-conducting solid electrolyse, a first electrolyse jump cell (15), each having a first electroly in pump cell (16), each having a first actioned (12) and a second endoted (23) and a second endoted (30) which are exposed to the gas to be unalyzed in a diffusion burner (20). The pump cells (14) and (15) are designed in such a two that are accurate for pump cells (14) and (15) are designed in such a two plants and the such as the such a



maxure (** = 1), the pump ceul (14) win the magner
current (f) is activated while, at an except contentation outside this range, the pump cell (15) with the lower current (f) is operating.
To this end, the cathodes (12, 13) are located, spaced apart, with different diffusion paths 1, and 1s along the diffusion barrier (20), the first cathode (12) of the pump cell (14) which is operating when the gas mixture is near-tolchiometric (A = 1) having a shorter diffusion path (1) than the second cathode (13) of the other pump cell (15).

(57) Zusammenfassung

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Könlgreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungara	NZ	Neuscoland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belants	3P	Japan	RO	Rumänden
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Koren	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kaspelistan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Technd
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxembure	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Meli	UZ	Urbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

- 1 -

Grenzstromsensor zur Bestimmung des Lambdawertes in Gasgemischen

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Grenzstromsensor zur Bestlmmung des Lambdwertes in Gasgemischen nach der Gattung des Hauptanspruchs. Aus der DE-OS 39 08 393 ist ein Grenzstromsensor bekannt, bei dem zur Reduzierung der Ansprechzeit eine zweite Pumpzelle vorgesehen ist, mit der eine konstante Sauerstoffkonzentration im Diffusionskanne einstellber ist. Die zweite Pumpzelle dient dazu, um frühzeitig den stationären Gleichgewichtszustand des Diffusionsstromes im Diffusionskanal zu erreichen. Eine Verkürzung der Diffusionskannlänge würde zwar ebenfalls eine schnelle Ansprechzeit bewirken, gleichzeitig aber den Grenzstrom zu stark erhöhen. Wegen der begrenzten Strombelastbarkeit der Elektroden bei hohen Sauerstoffkonzentrationen im mageren Gasgemisch ist eine Mindestlänge des Diffusionskanals notwendig.

Für den Einsatz des Grenzstromsensors vom mageren Bereich ($\frac{1}{A} > 1$) über den stöchiometrischen Bereich ($\frac{1}{A} = 1$) bis hin zum fetten Bereich ($\frac{1}{A} < 1$) des Kraftstoff-/Luft-Verhältnisses ist es aus der EP-B1-190 750 bekannt, die Anode der Pumpzelle einer Bezugsatmosphäre auszusetzen. Im mageren Bereich arbeiten diese Sensoren wie die bekannten Magersensor. Die Sauerstoffmoleküle werden

- 2 -

an der Kathode reduziert, so daß die Sauerstoffionen von der Kathode zur Anode durch den Zro_Festelektrolyt wandern. An der Anode werden die Ionen wiederum in Sauerstoffmoleküle umgewandelt und in die Atmosphäre abgegeben. Bei stöchiometrischen Verhältnissen liegt an der Kathode ein chemisches Gleichgewicht vor, so daß kein Pumpstrom vorliegt. Auch im fetten Bereich werden die Sauerstoffionen von der Kathode zur Anode aufgrund der anliegenden Pumpspannung gefördert. An der Anode werden sie wiederum umgewandelt in Sauerstoffmoleküle. Gegenüber dem mageren Bereich fließt der Sauerstoffionenstrom in entgegengesetzter Richtung. Dazu ist eine Umpolung der Pumpspannung notwendig. Dies wird dadurch realiziert, daß der Pegel der bei stöchlometrischen Verhältnissen auftretenden EKK als Schaltsignal verwendet wird.

Bei Grenzstromsensoren wird ein Grenzzstrom im allgemeinen bei einer konstanten, an den beiden Elektroden des Grenzstromsensors anliegenden Spannung gemessen. Der Grenzstrom ist bei einem sauerstoffhaltigen Meßgas linear vom Sauerstoffpartlaldruck so lange abhängig, wie die Diffusion des Gases zur Kathode die Geschwindigkeit der ablaufenden Reaktion bestimmt. Derartige, dem Meßgas insgesamt ausgesetzte Grenzstromsensoren eigenen sich zur Erfassung der Sauerstoffkonzentration in mageren Meßgasen. Zwischen den Elektroden stellt sich der Grenzstrom im mageren Bereich ein, sobald die durch die Diffusionsschicht an die Kathode gelangenden Sauerstoffmoleküle in Tomenform schnell abtransportiert werden. Im fetten Bereich tritt der Grenzstrom dann auf, wenn der Anode eine Diffusionsbarriere vorgelagert ist und die Diffusion von H₂ und CO zur Anode geschwindigkeitsbestimmend für die Gesamtreaktion ist.

Bei langsamen Anwachsen der Pumpspannung vom Wert 0 Volt aus liegen zwischen den Elektroden ohmsche Verhältnisse vor, so daß mit zunehmender Pumpspannung der Pumpstrom ansteigt, bis der Diffusionsgrenzstrom die Begrenzung des Pumpstroms bewirkt. Wäre die Kathode ohne Diffusionsbarriere bzw. nur mit einem geringen Diffusionswiderstand dem Meßgas ausgesetzt, würde insbesondere bei hohen Partialdrücken es zu keiner den Pumpstrom begrenzenden Diffusion kommen, wodurch das Strom-Spannungs-Verhalten des Sensors weiter den ohmschen Bedingungen gehorcht würde. Dadurch steigt die Pumpspannung immer weiter an, so daß sie schließlich auch bei Werten größer 1 Volt nicht in den Grenzstrombereich und damit nicht zur Meßbarkeit des 0₂-Gehalts kommt. Derartig hohe Pumpspannungen führen zur Zerstörung des Festelektrolyten und der Elektrode. Bei niedrigen Partialdrücken würde andererseits bereits ein geringer Diffusionswiderstand ausreichen. Um jedoch den Grenzstromsensor zur Detektierung eines weiten Bereichs von mager bis fett einzusetzen, ist für einen ausreichenden Diffusionswiderstand zu sorgen. Ein ausreichender Diffusionswiderstand, welcher durch einen entsprechenden Diffusionsweg des Meßgases festgelegt wird, besitzt in der Nähe von stöchiometrischen Verhältnissen den Nachteil, daß kaum noch ein Konzentrationsgefälle vorliegt und somit bereits kleine Fluktuationen von Meßgas das Sensorsignal verfälschen. Auch reichen in diesem Fall bereits kleine Spannungen zur Zerstörung des Festelektrolyten.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Grenzstromsensor mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß die Empfindlichkeit des Grenzstromsensors im Bereich um das stöchiometrische Verhältnis (λ = 1) erhöht wird.

- 4 -

Mit den in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Grensztromsensors möglich. Besonders vorteilhaft ist, beide Pumpsellen mit unterschiedlichen Diffusionsviderständen auszuführen. Eine einfache
Realisierung unterschiedlicher Diffusionsviderstände wird dadurch
erzielt, venn die Kathoden der beiden Pumpzellen mit
unterschiedlichen Diffusions- wegen in der Diffusionsbarriere
angeordnet sind. Gute Ergebnisse sind erreichbar, wenn der
Diffusionsweg der Pumpzelle mit der höheren Empfindlichkeit dem
0.1- bis 0,7-fachen, vorzugsweise dem 0,3-fachen des Diffusionsweges
der Pumpzelle mit dem längeren Diffusionsweg entspricht. Eine
kostengünstige Ausführung des Grenzstromsensors ist dadurch möglich,
für beide Pumpzellen eine gemeinsame Anode mit einer einzigen
Anschlußleitung vorzusehen.

Zeichnung

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung und in der nachfolgenden Beschreibung dargestellt. Es zeigen Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Grenzstromsensors für mageres Abgas, Figur 2 die Kennlinie des Grenzstroms über der Sauerstoffkonsentration des Grenzstromsensors gemäß Figur 1, Figur 3 ein zweites Ausführungsbeispiel eines Grenzstromsensors zur Bestimmung des Lambda-Wertes vom mageren Abgas bis hin zum fetten Abgas, Figur 4 eine Kennlinie des Grenzstroms über der Sauerstoffkonzentration des Grenzstromsensors gemäß Figur 3 und Figur 5 den . Verlauf der Pumpsparnung U_m über den Pumpstrom I_D.

Ausführungsbeispiele

Der Grenzstromsensor gemäß Figur 1 besitzt eine erste Festelektrolytfolie 10, beispielsweise aus yttriumstabilisiertem Zirkoniumoxid, mit einer Anode 11 sowie einer ersten Kathode 12 und

- 5 -

einer zweiten Kathode 13. Die erste Kathode 12 bildet mit der Anode 11 eine erste Pumpzelle 14 und die zweite Kathode 13 mit der Anode 11 eine zweite Pumpzelle 15. Parallel zur ersten Festelektrolytfolie 10 ist ein zweite Festelektrolytfolie 16 und ein dritte Festelektrolytfolie 17 angeordnet. Zwischen den beiden Festelektrolytfolie 17 beilektrolytfolie 18. 17 ist ein in eine elektrisch isolierende Schicht 18 eingebetteter Heizer 19 positioniert. Die isolierende Schicht 19 besteht beispielsweise aus Al₂O₃. Anstelle der Festelektrolytfolien 16 und 17 können genausogut andere keramische Folien verwendet werden, beispielsweise aus Al₂O₃. Es versteht sich von selbst, daß bei elektrisch isolierenden keramischen Folien auf die isolierende Schicht 18 zur Einbettung des Heizers 19 verzichtet werden kann.

Zwischen der ersten Festelektrolytfolie 10, der zweiten Festelektrolytfolie 16 und dem dritten Festelektrolytträger 17 ist jeweils ein den Abstand bestimmender gasdichter Rahmen 22 vorgesehen, welcher beispielsweise ebenalls aus Zirkoniumoxid besteht.

Zwischen der ersten Festelektrolytfolie 10 und der zweiten Festelektrolytfolie 16 ist ein eine Diffusionsbarriere für das Meßgas bildender Diffusionskanal 20 ausgeführt, welcher über ein Diffusionschanal 20 ausgeführt, welcher über ein Diffusionscho 21 mit dem Meßgas in Verbindung steht. Die Anode 11 und die beiden Kathoden 12, 13 sind beispielsweise ringförmig um das Diffusionsloch 21 herumgelegt. Die erste Kathode 12 ist dabei mit einem Diffusionsloch 21 positioniert als die zweite Kathode 13 mit einem Diffusionsweg 1₂. Der Diffusionsweg 1₁ aur ersten Kathode 12 beträgt beispielsweise das 0,3-fache des Diffusionsweges 1₂ der zweiten Kathode 13. Zur Ausbildung eines entsprechenden Diffusionswiderstandes ist der Diffusionskanal 20 mit einem porösen Material, beispielsweise aus Al₂O₃ gefüllt. Die Porengröße gibt dabei unter anderem den Diffusionswiderstand an.

Die Anode 11 und die Katoden 12, 13 sind mit einer Pumpspannungsquelle U verbunden, wobei der Anschluß an die Kathoden 12, 13 über einen Schalter 24 wählweise schaltbar ist. Im Stromkreis ist ferner zur Messung des Grenzstromes I_p ein Ampéremeter 23 angeordnet. Anstelle des Ampéremeter 23 ist bei der praktischen Anwendung in einem Kraftfahrzeug eine Steuereinheit zur Steuerung des Kraftstoff-Luftgemäsches vorgesehen.

Aus Figur 2 geht die Kennlinie des Pumpstromes Ip der beiden Pumpzellen 14, 15 über der 02-Konzentration C hervor. Der Grenzstrom I der beiden Pumpzellen wird vom Ampéremeter 23 gemessen. Bei einer hohen Sauerstoffkonzentration im Meßgas (Luft = 20,5%) ist die zweite Kathode 13 über den Schalter 24 mit der Spannungsguelle U verbunden. Mit abnehmender Sauerstoffkonzentration C verringert sich der Grenzstrom I_{p2} der zweiten Pumpzelle 15. Sobald ein vorbestimmten Schwellwert C_S der Sauerstoffkonzentration C erreicht ist, wird die Pumpspannung U auf die erste Kathode 12 gelegt. Dazu wird der Schalter 24 entsprechend der punktierten Linie in Figur 1 betätigt. Die Betätigung des Schalters 24 erfolgt von einer nicht dargestellten Steuerungsschaltung, wobei der Schwellwert C, mittels einer stromproportionalen Pumpspannung definiert wird. Der nunmehr vom Ampéremeter 23 gemessene Grenzstrom Ipg ist bei der selben Sauerstoffkonzentration bedeutend höher als der Grenzstrom Ipg der zweiten Pumpzelle 15. Mit abnehmender Sauerstoffkonzentration wird der Grenzstrom Ipg der ersten Pumpzelle 14 immer geringer, bis er bei einer Sauerstoffkonzentration von 10⁻¹⁰bar, was einem stöchiometrischen Verhältnis ($\lambda = 1$) entspricht, zu Null wird. Bereits aus der Steilheit der Kennlinie des Grenzstromes Ipp der ersten Pumpzelle 14 wird deutlich, daß bereits geringe O_2 -Konzentrationsschwankungen des Meßgases in der Nähe von λ = 1 eine deutliche Veränderung des Grenzstromes Ing bewirken. Dies

- 7 -

bedeutet schließlich eine höhere Empfindlichkeit des Grenzstromsensors im Bereich nahe von $\hat{\Lambda}=1$. Die Größe des Schwellwertes C_g , bei der die Umschaltung von der zweiten Pumpzelle 15 auf die erste Pumpzelle 14 erfolgt, ist abhängig von der Positionierung der ersten Kathode 12 im Diffusionskanal 20.

Ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Grenzstromsonde, welche als Breitbandsensor vom mageren Bereich bis zum fetten Bereich eines Gasgemisches einsetzbar ist, geht aus Figur 3 hervor. Bei diesem Grenzstromsensor ist die Anode 11 in einem Referenzkanal 25 angeordnet. Der Referenzkanal 25 steht beispielsweise mit der Atmosphäre in Verbindung. Das Meßgas wird, wie beim Sensor gemäß Figur 1, über das Diffusionsloch 21 und die Diffusionsbarriere 20 zu den beiden Kathoden 12 und 13 geführt. Die Anordnung der Kathoden 12 und 13 sowie ihr Diffusionsweg 1, und 1, entspricht der Ausführungsform gemäß Figur 1. Die Kathoden 12, 13 sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel jedoch auf der zweiten Festelektrolytfolie 16 angeordnet. Die erste Festelektrolytfolie 10 enthält, wie im ersten Ausführungsbeispiel, das Diffusionsloch 21. An die Anode 11 schließt sich eine weitere keramische Folie 26 an. in welcher der Referenzkanal 25 eingebracht ist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist zwecks besserer Wärmeleitung der Heizer 19 mit der isolierenden Schicht 18 unmittelbar zum Referenzkanal 25 hin angeordnet. Es ist aber genauso denkbar, zwischen der Isolationsschicht 18 und dem Referenzkanal 25 eine zusätzliche keramische Folie vorzusehen.

Die in Figur 4 dargestellte Kennlinie zeigt den Verlauf des Pumpstroms $\mathbf{1}_p$ von einer Sauerstoffkonzentration im mageren Abgas ((A : 1)) über die Sauerstoffkonzentration bei (A : 1) bie Sauerstoffkonzentration im fetten Abgas ((A : 1)). Die Sauerstoffkonzentration im fetten Abgas gibt den Fehlbetrar an Sauerstoff an, der

- 8 -

notwendig ist, um das Gasgemisch auf $\Lambda=1$ einzustellen. In diesem Zusammenhang sind die im Koordinatensystem als negative Worte ausgewiesenen Sauerstoffkonzentrationen zu verstehnen. Der Verlauf der Kennlinie im mageren Abgas entspricht dem Verlauf gemäß Figur 2. Bei weiterer Annäherung an $\Lambda=1$ wird die Pumpspannung $\mathbf{U}_{\mathbf{p}}$ gemäß Figur 5 auf einen konstanten Wert von beispielsweise 300 Milivolt gehalten.

Bei λ = 1 baut sich, wie schon oben beschrieben, eine der äußeren Pumpspannung entgegengesetzte EMK (Nernst-Spannung) auf, wodurch der vom Ampéremeter 23 gemessene Grenzstrom Ipg zu Null wird. Der Sauerstoffpartialdruck im Diffusionskanal 20 stellt sich dabei auf etwa 10^{-10} bar ein. Beim Übergang ins fette Abgas (χ < 1) überwiegt die EMK mit etwa 900 Milivolt. Diese Spannung wirkt jedoch nicht effektiv, da zum einen sie gegen die von außen angelegte Pumpspannung Un arbeitet und zum anderen sie sich vor allem bei größeren Pumpströmen durch den Innenwiderstand der EMK-Spannungsquelle reduziert. Wird die von außen angelegte Pumpspannung U_ nicht zu groß gewählt und ist der Innenwiderstand der EMK-Spannungsquelle klein, so entwickelt sich unter dem Einfluß der EMK für A (1 ein anodischer Grenzstrom Ipq', wobei wiederum bei Überschreiten eines bestimmten, einstellbaren Schwellwertes C_S, auf die zweite Kathode 13 mittels des Schalters 24 geschaltet wird. Dabei fällt der vom Ampéremeter 23 gemessene Grenzstrom Ipg' gemäß der strich-punktierten Linie schlagartig auf einen niedrigeren Wert ab, bis der anodische Grenzstrom Ip2' an der zweiten Katode 13 einsetzt. Mit fallender Sauerstoffkonzentration steigt nun der anodische Grenzstrom Ip2' weiter an, jedoch mit einer geringeren Steigung als der anodische Grenzstrom Ip1' der ersten Pumpzelle 14.

- 9 -

Zum Umschalten von der ersten Katode 12 auf die zweite Kathode 13 und umgekehrt kann auch ein Schwellwert für den Grenzstrom eingestellt werden. Im Betrieb der entsprechenden Pumpzelle wird wieder mit stromproportionaler Pumpspannung gearbeitet.

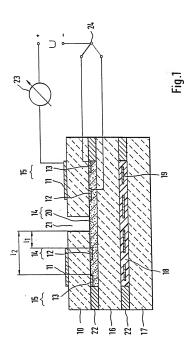
Die Herstellung des erfindungsgemäßen Grenzstromsensors erfolgt in bekannter Weise in Laminier- und Siebdrucktechnik und durch anschließendes co-sintern.

- 10 -

Ansprüche

- 1. Grenzstromsensor zur Bestimmung des Lambdawertes in Gasgemischen, insbesondere in Abgasen von Verbrennungsmotoren, mit einer ersten und einer zweiten Pumpzelle mit jeweils auf einem sauerstoffionen-leitenden Festelektrolyt angeordmeten Pumpelektroden, vobei die Kathoden der Pumumpelektroden dem zu messenden Gasgemisch über eine Diffusionsbarriere ausgesetzt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpzellen (14, 15) derart ausgeführt sind, daß sich bei gleicher Pumpzellen (14, 15) derart ausgeführt sind, daß sich bei gleicher süberer Sauerstoffkonzentation verschiedene Pumpströme Ip einstellen, derart, daß bei einer Sauerstoffkonzentration in einem Bereich in der Näße eines stöchiometrischen Gasgemisches (Λ = 1) die Pumpzelle (14) mit dem höheren Pumpstrom Ip aktivierbar ist, während bei einer Sauerstoffkonzentration außerhalb dieses Bereichs die Pumpzelle (15) mit dem niedrigeren Pumpstrom Ip in Betrieb ist.
- Grensstromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
 Mittel (24) vorgesehen sind, welche in Abhängigkeit von einem vorgegebenen Schwellwert für die Sauerstoffkonzentration die eine oder
 die andere Pumpzelle (14, 15) aktivieren.
- Grenzstromsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwellwert zum Umschalten von der einen auf die andere Pumpzelle (14, 15) mittels eines Pumpstroms (I_D) vorgebbar ist.
- Grenzstromsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwellwert zum Umschalten von der einen auf die andere Pumpzelle (14, 15) mittels einer stromproportionalen Pumpspannung (Up) vorgebbar ist.

- 5. Grenzstromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpzellen (14, 15) jeweils unterschiedliche Diffusionswiderstände aufweisen, wobei die Pumpzelle (14), welche in der Nähe des stöchiometrischen Gasgemisches (% = 1) im Betrieb ist, einen geringeren Diffusionswiderstand als die andere Pumpzelle (15) besitzt.
- 6. Grenzstromsensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kathoden (12, 13) in der Diffusionsbarriere (20) beabstandet mit jeweils unterschiedlichen Diffusionswegen (1₁) und (1₂) angeordnet sind, wobei die eine Kathode (12) der ersten Pumpzelle (14) einen geringeren Diffusionsweg (1₁) als die andere Kathode (13) der zweiten Pumpzelle (15) aufweist.
- 7. Grenzstromsensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Lünge des Diffusionswegs $(\mathbf{1}_1)$ der eine Kathode (12) zwischen dem 0,1- und dem 0,7-fachen des Diffusionsweges $(\mathbf{1}_2)$ der anderen Kathode (13), vorzugsweise bei dem 0,3-fachen des Diffusionswegs $(\mathbf{1}_2)$ liegt.
- Grenzstromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beide Pumpzellen (14, 15) eine gemeinsame als Anode (11) geschaltete Pumpelektrode aufweisen.
- 9. Grenzstromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpspannung ($\mathbf{U}_{\mathbf{p}}$) der Pumpselle (14), welche in der Nähe des stöchiometrischen Gasgemisches (λ = 1) im Betrieb ist, auf einen konstanten Wert haltbar ist.
- 10. Grenzstromsensor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpspannung (U_p) kleiner als die Nernst-Spannung, vorzugsweise 300 mV ist.



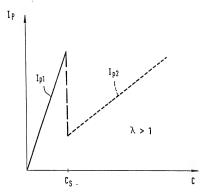
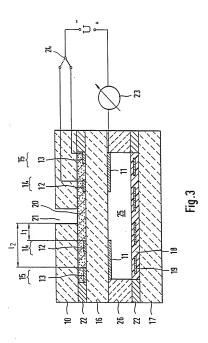
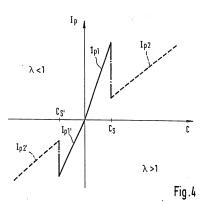
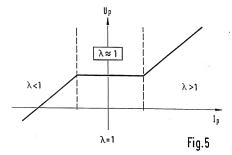


Fig.2









INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Interne 1 Application No PCT/DE 94/01388

IPC 6	IFICATION OF SUBJECT MATTER G01N27/419					
According t	o International Patent Classification (IPC) or to both national classif	ication and IPC				
B. FIELDS	SEARCHED					
Minimum d IPC 6	locumentation searched (classification system followed by classificati GO1N	on symbols)				
	tion searched other than minimum documentation to the extent that s		earched			
Electronic data base constited during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)						
C. DOCUM	IENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT					
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the re	levant passages	Relevant to claim No.			
A	WO,A,90 10862 (R. BOSCH) 20 Septe cited in the application see abstract	1				
P,A	DE,A,42 26 537 (R. BOSCH) 17 Febr see claims	1				
A	EP,A,O 361 692 (FORD-WERKE) 4 April 1990 1 see abstract					
A	EP,A,O 194 082 (NGK INSULATORS) 1 September 1986 see abstract	1				
A	EP,A,O 190 750 (HITACHI) 13 Augus cited in the application see claims	1				
Further documents are listed in the continuation of box C. X Patent family members are listed in annex.						
*Special entegories of cited documents: **T later document published after the international filling date or priority date and not in conflict with the application but considered to be of particular reference **T under optional to the comment of the principle or descript outdoor but outdoor to be of particular reference **T under optional to the optional to the principle or descript outdoor but outdoor to be						
"E" eatilise document but published on or after the international "X" document of particular relevance; the claimed invention						
"L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is clied to establish the publication date of another "Y" document of particular relevance; the claimed invention						
citation or other special reason (as specified) cannot be considered to involve an inventive step when the						
other means of the means 'P' document published prior to the international filing date but later than the priority date elaimed 'C' document published prior to the international filing date but						
Date of the actual completion of the international search Date of mailing of the international search report						
	5 January 1995	- 8. 92. 95	i			
Name and	mailing address of the ISA	Authorized officer				
	European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL - 2230 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 342-040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	CALLEWAERT, H				
1	(· · · · · · · · · · · · · · · ·	1				

INTERNATIONAL SEARCH REPORT Interns 1 Application No

information on patent family members

Internr 11 Application No PCT/DE 94/01388

Patent document cited in search report	Publication date	Patent memb	family per(s)	Publication date
WO-A-9010862	20-09-90	DE-A- DE-D- EP-A- JP-T-	3908393 59003262 0462989 4504170	27-09-90 02-12-93 02-01-92 23-07-92
DE-A-4226537	17-02-94	WO-A-	9404913 0607384	03-03-94 27-07-94
EP-A-0361692	04-04-90	CA-A- JP-A- US-A- US-A-	1321618 2122255 5145566 5288375	24-08-93 09-05-90 08-09-92 22-02-94
EP-A-0194082	10-09-86	JP-B- JP-A- JP-B- JP-A- US-A-	5018058 61194345 5018059 61243355 4645572	10-03-93 28-08-86 10-03-93 29-10-86 24-02-87
EP-A-0190750	13-08-86	JP-A- DE-A-	61180131 3685126	12-08-86 11-06-92

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Interns tales Aktenzeichen
PCT/DF 94/01388

		PCT	/DE 94/01388	
A. KLASS IPK 6	GIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES G01N27/419			
	nternationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Kl	lassifikation und der IPK.		
	RCHIERTE GEBIETE			
IPK 6	rter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymb G01N	ale)		
Recherchies	rte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, so	oweit diese unter die recherchie	rten Gebiete fallen	
Während de	er internationslen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (N	ame der Datenbank und evtl.	verwendete Suchbegriffe)	
C. ALS W	ESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN			
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angab	e der in Betracht kommenden	Teile Betr. Anspruch Nr.	
A	WO,A,90 10862 (R. BOSCH) 20. Sept 1990 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung	1		
P,A	DE,A,42 26 537 (R. BOSCH) 17. Februar 1994 siehe Ansprüche		1	
A	EP,A,O 361 692 (FORD-WERKE) 4. April 1990 siehe Zusammenfassung		1	
A	EP,A,O 194 082 (NGK INSULATORS) 1 September 1986 siehe Zusammenfassung	1		
A	EP,A,O 190 750 (HITACHI) 13. Augu in der Anmeldung erwähnt siehe Ansprüche	st 1986	1	
Wei entn	l tere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu ehmen	X Siche Anhang Patenti		
** Spartner Kateporten von nagspahens Veröffendichungen ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** **				
	5. Januar 1995	02. 95		
Name und	Postanichrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentinan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel, (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,	Bevolimächtigter Bedienst		
		CALLEWAEDT		

. 1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern: tles Aktenzeichen
PCT/DE 94/01388

Im Recherchenbericht angeführter Datum der Veröffentlichung Patentichter Datum der Veröffentlichung Veröffentlichung				
DE-D- 59003262 02-12-93 DE-D- 59003262 02-12-93 DE-A- 0462999 02-01-92 DE-A-4226537 17-02-94 W0-A- 9404913 03-03-94 DE-A-0361692 04-04-90 CA-A- 13221618 24-08-93 DP-A- 2122255 09-05-90 US-A- 5145566 08-09-92 US-A- 5145566 08-09-92 US-A- 5193535 22-02-94 DP-B- 61194345 28-08-86 DP-B- 5018058 10-03-93 DP-B- 5018058 10-03-93 DP-B- 5018058 10-03-93 DP-B- 5018058 09-03-93 DP-B- 61243355 29-10-86 US-A- 645572 24-02-87 DP-B- 61269355 29-10-86 US-A- 645572 24-02-87 DP-B- 6180131 12-08-86			Mitglied(er) der Patentfamilie	
EP-A-0361692 04-04-90 CA-A- 1321618 24-08-93 JP-A- 2122255 09-05-90 US-A- 514556 M8-09-92 US-A- 5288375 22-02-94 EP-A-0194082 10-09-86 JP-B- 5018058 10-03-93 JP-A- 61194345 28-08-86 JP-B- 5018059 10-03-93 JP-A- 61243355 29-10-86 US-A- 4645572 24-02-87 EP-A-0190750 13-08-86 JP-A- 61180131 12-08-86	WO-A-9010862	20-09-90	DE-D- 59003262 EP-A- 0462989	02-12-93 02-01-92
PP-A-0194082	DE-A-4226537	17-02-94		
JP-A- 61194345 28-08-86 JP-B- 5018059 10-03-93 JP-A- 6124335 29-10-86 US-A- 4645572 24-02-87 FP-A-0190750 13-08-86 JP-A- 61180131 12-08-86	EP-A-0361692	04-04-90	JP-A- 2122255 US-A- 5145566	09-05-90 08-09-92
	EP-A-0194082	10-09-86	JP-A- 61194345 JP-B- 5018059 JP-A- 61243355	28-08-86 10-03-93 29-10-86
	EP-A-0190750	13-08-86		